

# Wärmeleitungskoeffizient von Metallen



P1043200

Physik

Wärmelehre / Thermodynamik

Wärmetransport



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/605a448efc03ee000359369f>

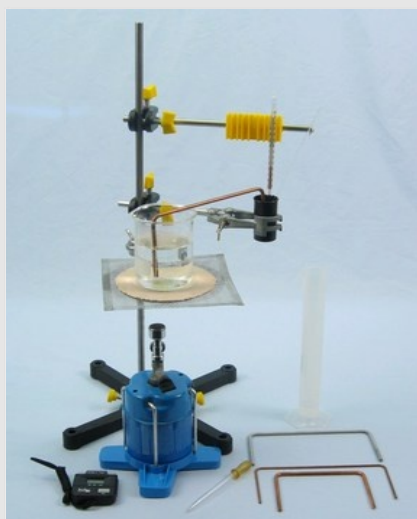
PHYWE

# Lehrerinformationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Energie kann durch Wärmeströmung, Wärmestrahlung oder Wärmeleitung übertragen werden.

Je größer die Wärmeleitfähigkeit eines Materials, desto besser kann dieses Material Wärme leiten. Der Wärmefluss entlang eines Stabes hängt jedoch zusätzlich von seinen Proportionen ab.

Diese Zusammenhänge erlernen die Schüler mithilfe dieses Versuchs.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/5)

PHYWE

### Vorwissen



Die Schüler sollten mit einem Butanbrenner vertraut sein.

### Prinzip



Ein u-förmiger Metallstab taucht auf einer Seite in siedendes Wasser, auf der anderen in kaltes. Aus der Erwärmung des kalten Wassers können qualitative und quantitative Aussagen über den Einfluss von Material, Länge und Durchmesser des Stabes auf den Wärmefluss gewonnen werden.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/5)

PHYWE

### Lernziel



Die Schüler sollen den Einfluss von Material, Länge und Durchmesser des Stabes auf den Wärmefluss erlernen.

Mithilfe der Zusatzaufgaben kann die Verbindung zum Wärmeleitungskoeffizient gezogen werden.

### Aufgaben



Untersuche die Wärmeleitung in Metallen in Abhängigkeit vom Material und von den Abmessungen des Stabes.

Lege dazu einen Metallstab zwischen zwei Becher mit heißem bzw. kaltem Wasser und miss die Temperaturänderung im kalten Wasser.

## Sonstige Lehrerinformationen (3/5)

PHYWE

### Zusatzinformationen

Da die Versuchsdurchführung zeitaufwendig ist, sollten die Messungen arbeitsteilig durchgeführt werden: Es werden mindestens vier Arbeitsgruppen gebildet. Eine Arbeitsgruppe führt den Versuch jeweils mit nur einem Stab durch und zur Auswertung werden die Ergebnisse aller Arbeitsgruppen zusammengetragen.

#### Zu Aufbau und Durchführung:

1. Becherglas und Metallbecher sind so anzuordnen, dass der Metallstab leicht über beide gelegt werden kann, wenn das Wasser siedet. Während der Aufwärmphase des Wassers befindet er sich aber nicht dort!
2. Beim Ablesen der Temperaturen sollen auch Zwischenwerte von 0,5 °C geschätzt werden; Im Metallbecher muss regelmäßig umgerührt werden.
3. Für diesen Versuch ist ein Thermometer mit 1 / 10 - Grad - Teilung zu empfehlen, da sehr kleine Temperaturdifferenzen ausgewertet werden müssen (siehe Materialliste).

## Sonstige Lehrerinformationen (4/5)

PHYWE

### Zu den Zusatzaufgaben:

Mit den Zusatzaufgaben erfolgt die quantitative Bestätigung der Formel für den Wärmefluss. Auf eine Berechnung der spez. Wärmeleitfähigkeit wird dabei verzichtet, da die Ergebnisse aus den unten genannten Gründen mit großen Fehlern behaftet sind.

Der Wärmefluss durch einen Metallstab hängt von seiner Länge, seinem Querschnitt und der Differenz der Temperaturen zu beiden Seiten des Stabes ab. Der Proportionalitätsfaktor ist die spez. Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Materials.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \cdot (T_w - T_k) \cdot \frac{A}{l} = \lambda \cdot (T_w - T_k) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d^2}{l}$$

Dabei ist  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  = Wärmefluss durch den Stab,  $T_w$  = Temperatur des siedenden Wassers,  $T_k$  = Temperatur des kalten Wassers,  $l$  = Länge des Stabes,  $A$  = Querschnittsfläche des Stabes,  $d$  = Durchmesser des Stabes

## Sonstige Lehrerinformationen (5/5)

PHYWE

### Zu den Zusatzaufgaben:

Die Abhängigkeit des Wärmeflusses von  $d_2$  und von  $\frac{1}{l}$  lassen sich aus den Messergebnissen der Schüler eindrucksvoll zeigen. Es wird jeweils der Kupferstab mit  $d_0 = 5\text{mm}$  und  $b_0 = 175\text{mm}$  als Vergleichsstab genommen.

Literaturwerte für spez. Wärmeleitfähigkeiten:

Kupfer:  $384\text{ J/m}^\circ\text{C}$

Aluminium:  $220\text{ J/m}^\circ\text{C}$

Die Abweichung des aus der Messung bestimmten Wertes vom Literaturwert ist relativ groß, da der Stab sehr dünn im Verhältnis zu seiner Länge ist und daher viel Wärme an die Umgebung abgibt. Der Vergleich der Stäbe unter gleichen Versuchsbedingungen gelingt jedoch recht gut: Die spez. Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ist nur gut halb so groß wie die von Kupfer. Dieses Ergebnis liefert auch die Messung.

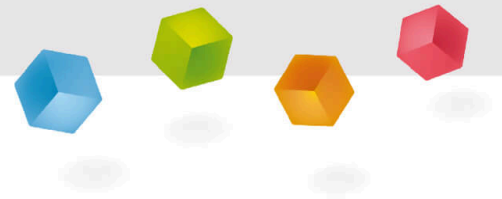
## Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE



# Schülerinformationen

## Motivation

PHYWE



Kochtopf mit Hartplastik-Griffen

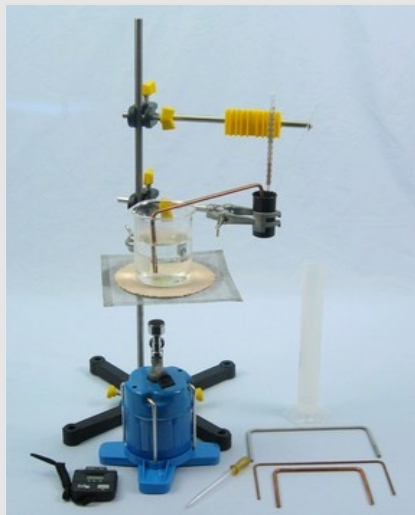
Fassen wir eine Glasscheibe im Sommer nachdem die Sonne darauf geschienen hat an, so ist diese zwar warm, aber keinesfalls heiß. Anders verhält es sich bei einer Metallplatte oder einem Kupferrohr (z. B. einer Regenrinne). Berühren wir diese nach einem Tag Sonneneinstrahlung, so holen wir uns im schlimmsten Fall eine Verbrennung.

Sicher hast du auch schonmal einen Topf auf dem Herd gehabt, welcher an den Griffen heiß geworden ist, während ein anderer kalte Griffen hatte.

Diese Unterschiede beruhen auf der verschiedenen Wärmeleitfähigkeit der Substanzen, welche im folgenden Versuch genauer beobachtet wird.

## Aufgaben

PHYWE



Versuchsaufbau

Untersuche die Wärmeleitung in Metallen in Abhängigkeit vom Material und von den Abmessungen des Stabes.  
Lege dazu einen Metallstab zwischen zwei Becher mit heißem bzw. kaltem Wasser und miss die Temperaturänderung im kalten Wasser.

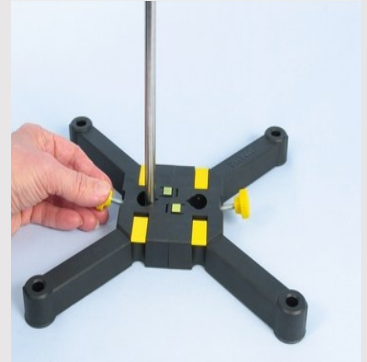
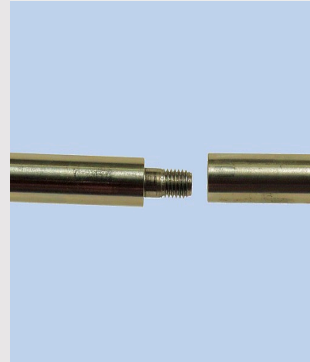
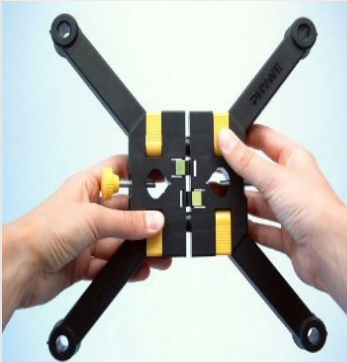
## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, $d \leq 14$ mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, $l = 250$ mm, $d = 10$ mm	02031-00	1
3	Stativstange, Edelstahl, $l = 600$ mm, $d = 10$ mm	02037-00	1
4	Doppelmuffe, für Kreuz- oder T-Spannung	02043-00	2
5	Glasrohrhalter mit Maßbandklemme	05961-00	1
6	Stativring, mit Muffe, $d = 100$ mm	37701-01	1
7	Drahtnetz mit Keramik, $160 \times 160$ mm	33287-01	1
8	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	1
9	Rührstab	04404-10	1
10	Becher, blank	05903-00	1
11	Aluminiumstab, U-Form, $d = 5$ mm, $b = 175$ mm	05910-00	1
12	Kupferstab, U-Form, $d = 5$ mm, $b = 175$ mm	05910-01	1
13	Kupferstab, U-Form, $d = 3$ mm, $b = 175$ mm	05910-03	1
14	Kupferstab, U-Form, $d = 5$ mm, $b = 120$ mm	05910-04	1
15	Becherglas, Boro, niedrige Form, 250 ml	46054-00	1
16	Pipette mit Gummikappe, $l = 100$ mm	64701-00	1
17	Messzylinder, Kunststoff (PP), hohe Form, 100 ml	36629-01	1
18	Laborthermometer, $-10 \dots +110^\circ\text{C}$ , $l = 180$ mm, Tauchschaft 50 mm	38005-02	1
19	Digitale Stoppuhr, 24 h, 1/100 s und 1 s	24025-00	1
20	Maßband, $l = 2$ m	09936-00	1
21	Butanbrenner Labogaz 206	32178-00	1
22	Butan-Kartusche C 206 GLS, ohne Ventil, 190 g	47535-01	1
23	Siedesteinchen, 200 g	36937-20	1

## Aufbau (1/3)

PHYWE

Baue den Versuch den Abbildungen entsprechend in Reihenfolge von links nach rechts auf.



## Aufbau (2/3)

PHYWE



- Fülle das Becherglas mit 200 ml Wasser und gib zwei Siedesteinchen hinzu.
- Ordne den Stativring und den blanken Becher mit Universalklemme so an, dass der Metallstab, mit dem die Messung vorgenommen werden soll, dazwischen gelegt werden kann (vgl. Abb. rechts).



## Aufbau (3/3)

PHYWE

Halte das Thermometer so, dass sich seine Messspitze ca. 1 cm über dem Boden des Bechers befindet.



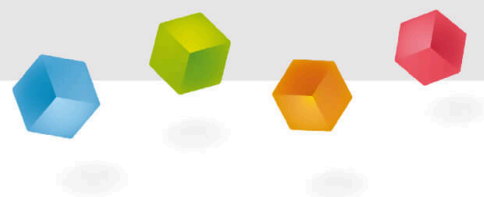
## Durchführung

PHYWE

- Erhitze das Wasser bis zum Sieden und stelle dann die Flamme etwas kleiner. Notiere Material, Dicke  $d$  und Länge  $b$  des untersuchten Metallstabes in Tabelle 1 im Protokoll.
- Fülle den Metallbecher mit 20 ml Wasser (genaues Abmessen mit Messzylinder und Pipette!) (vgl. Abb. rechts) und miss die Wassertemperatur im Becher und notiere sie in Tabelle 1 bei  $t = 0$  min.
- Hänge den Metallstab mit einem Schenkel in das siedende Wasser, mit dem anderen in den Becher mit kaltem Wasser und starte die Stoppuhr. Rühre das Wasser im Becher regelmäßig um.
- Miss und protokolliere jede Minute die Wassertemperatur im Becher und beende die Messung nach 12 min.



PHYWE



# Protokoll

## Aufgabe 1

PHYWE

Trage deine Messwerte zur Wassertemperatur  $T$  zu den entsprechenden Zeiten in die Tabelle ein.

Es gelten folgende Bezeichnungen: Durchmesser  $d$ , Länge  $b$

- Cu<sub>1</sub> (Kupfer,  $d=5\text{mm}$ ,  $b=175\text{mm}$ )
- Cu<sub>2</sub> (Kupfer,  $d=3\text{mm}$ ,  $b=175\text{mm}$ )
- Al (Aluminium,  $d=5\text{mm}$ ,  $b=175\text{mm}$ )
- Cu<sub>3</sub> (Kupfer,  $d=5\text{mm}$ ,  $b=120\text{mm}$ )

	Cu <sub>1</sub>	Al	Cu <sub>2</sub>	Cu <sub>3</sub>
$t$ in min	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C
0				
1				

	Cu <sub>1</sub>	Al	Cu <sub>2</sub>	Cu <sub>3</sub>
$t$ in min	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C
2				

Tabelle wird auf der nächsten Seite weiter geführt.

## Aufgabe 2

PHYWE

	Cu <sub>1</sub>	Al	Cu <sub>2</sub>	Cu <sub>3</sub>		Cu <sub>1</sub>	Al	Cu <sub>2</sub>	Cu <sub>3</sub>
$t$ in min	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C	$t$ in min	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C	$T$ in °C
3					8				
4					9				
5					10				
6					11				
7					12				

## Aufgabe 3

PHYWE

Trage alle Messwerte in einem Zeit-Temperatur-Diagramm auf.

Warum steigt die Wassertemperatur in den ersten beiden Minuten nur wenig?

- ☐ Die Wärme wird zuerst benötigt, um den Metallstab zu erwärmen.
- ☐ Das Thermometer braucht eine Weile bis es sich auf eine Temperaturänderung eingestellt hat.
- ☐ In den ersten Minuten geht besonders viel Wärme an die Umgebung verloren. Diesen Zeitraum muss man abwarten.
- ☐ Erst wenn sich über dem Metallstab ein etwa konstantes Temperaturverhältnis eingestellt hat, können aus den Messwerten Aussagen zur Wärmeleitung gewonnen werden.

## Aufgabe 4

PHYWE

Wie groß ist die Temperaturerhöhung  $\Delta T$  im Zeitraum zwischen  $t_1 = 2 \text{ min}$  und  $t_2 = 12 \text{ min}$ ?

Material	$d$ in mm	$b$ in mm	$\Delta T$ in °C
Cu	5	175	
Al	5	175	
Cu	3	175	
Cu	5	120	

Welches Metall leitet die Wärme besser?

- ☐ Kupfer leitet die Wärme etwa halb so gut wie Aluminium.
- ☐ Kupfer leitet die Wärme etwa doppelt so gut wie Aluminium.
- ☐ Kupfer
- ☐ Aluminium leitet die Wärme etwa doppelt so gut wie Kupfer.
- ☐ Aluminium

## Aufgabe 5

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Sowohl der  als auch die  des Stabes beeinflussen den Wärmefluss durch den Stab. Je  der Durchmesser des Stabes, desto  der Wärmefluss. Je  die Länge des Stabes, desto  der Wärmefluss.

Länge

Durchmesser

größer

kleiner

größer

größer

✓ Überprüfen

## Aufgabe 6

PHYWE

### Zusatzaufgaben

Es gilt also  $l = b + s_1 + s_2$ . Vervollständige damit die Tabelle (alle Werte mit Index 0 gelten für den Vergleichsstab! Die Werte für  $\Delta T$  werden aus der Tabelle aus Frage 2 übernommen.).

Material	$d$ in mm	$b$ in mm	$l$ in mm	$(d/d_0)^2$	$l_0/l$	$\Delta T$ in °C	$\Delta T/\Delta T_0$
Cu	5	175	260	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Al	5	175	260	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cu	3	175	260	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cu	5	120	205	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## Aufgabe 7

PHYWE

### Zusatzaufgaben

Drücke den Zusammenhang zwischen dem Wärmefluss (Wärmemenge pro Zeiteinheit) und den Stab-Abmessungen mit einer Proportionalität aus.

Welchen Einfluss hat die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Enden des Stabes auf den Wärmefluss durch den Stab? (Führe ggf. ein entsprechendes Experiment durch, indem du den Stab statt in siedendes Wasser auf der einen Seite direkt in die Flamme hältst und dann die Temperaturerhöhung des kalten Wassers misst. Vorsicht! Der Stab wird dann sehr heiß!)

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 20: Auswertung Minuten 0-2	0/2
Folie 21: Wärmeleitfähigkeit	0/2
Folie 22: Einfluss Durchmesser und Länge des Stabes	0/6

Gesamtsumme



0 / 10



Lösungen



Wiederholen



Text exportieren